

食品の放射性汚染と 低線量被ばくの健康リスク

大分県立看護科学大学
人間科学講座環境保健学研究室

甲斐 倫明

講演のポイント

- 低線量被ばくの防護の背景
- 放射線リスク
- チェルノブイリ事故の影響
- 内部被ばくのリスク
- 1 mSv/yの論議
- 食品規準のあり方

放射線防護の歴史

放射線防護からリスク概念が生まれた

初期の放射線障害

- 放射線障害の中でも皮膚障害は発見が容易
- X線発見の翌年である1896年には皮膚障害の最初の報告
- 1902年には皮膚がんによる最初の死亡が報告

初期の放射線防護

- 皮膚障害に注目

1925年、MutschellerがX線技師を調査して皮膚障害の発生していない線量の情報が基礎になって、1日に0.2Rの耐用線量が1934年に勧告された

~2 mSv/日

- 造血障害に注目

造血障害が認知されてからは、さらに低下して、0.3rem/週が勧告された

3 mSv/週

リスク概念の誕生

1952年、広島・長崎に原爆被爆生存者の疫学調査から、白血病の発症頻度の増加が報告

閾値線量の存在が想定されが、この閾値を明示することは不確かさがあり困難

長期間の被ばくの恐れを考慮して、ICRPは、白血病の発症頻度は蓄積線量に比例し閾値はないとする最も控えめな仮定を導入

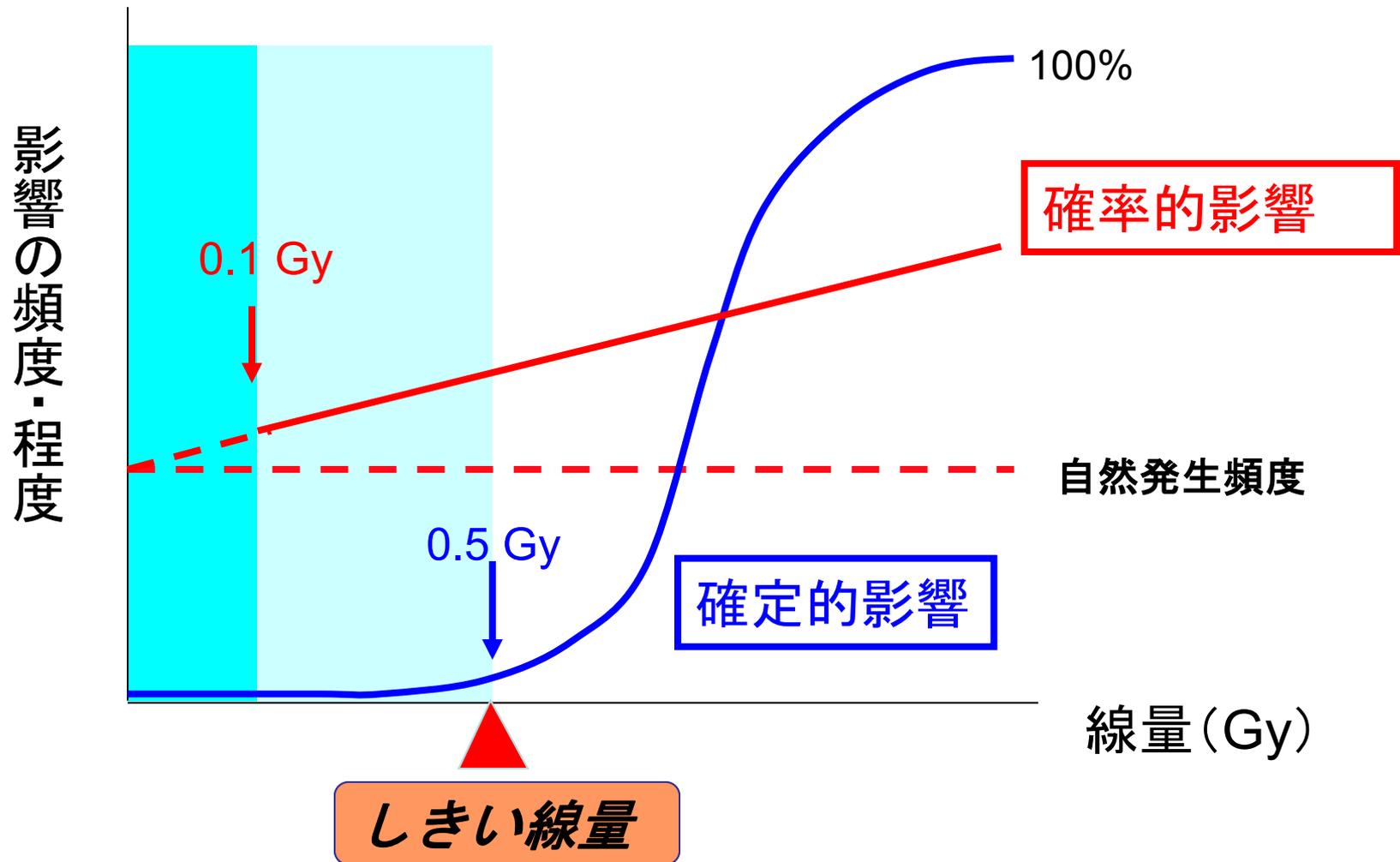


リスク概念の誕生

線量の大きさの分類

1 Sv程度	中程度に高い線量 (moderately high)
100 mSv程度	中程度の線量 (moderate)
10 mSv程度	低い線量 (low)
1 mSv程度	かなり低い線量 (very low)
0.1 mSv程度	極めて低い線量 (extremely low)

放射線の健康影響と線量の関係



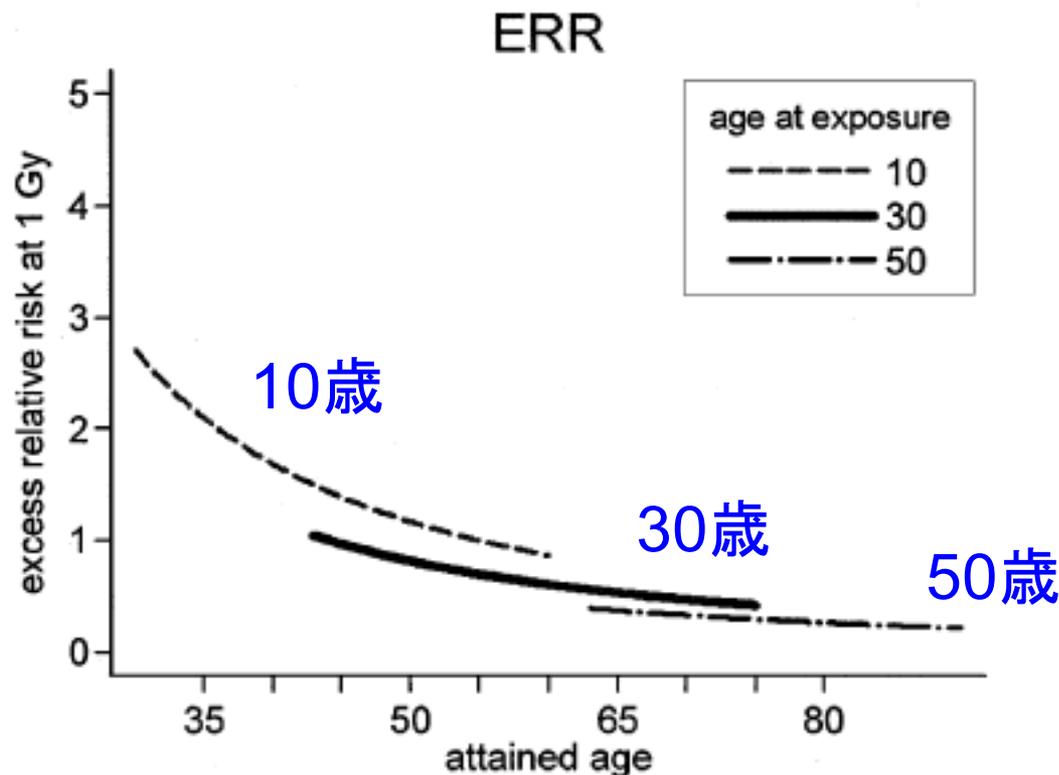
放射線のリスク

- 原爆データがリスク推定の主たる基礎
- 低線量率効果をいかに推定するが問題

被ばく後の経過時間との関係

被ばく時年齢の違い

1 Gyのときの過剰相対リスク



到達年齢

(Preston, 2007)

過剰の生涯がんリスク

広島長崎の原爆生存者の調査結果：0.1 Svでの急性被ばくの推定

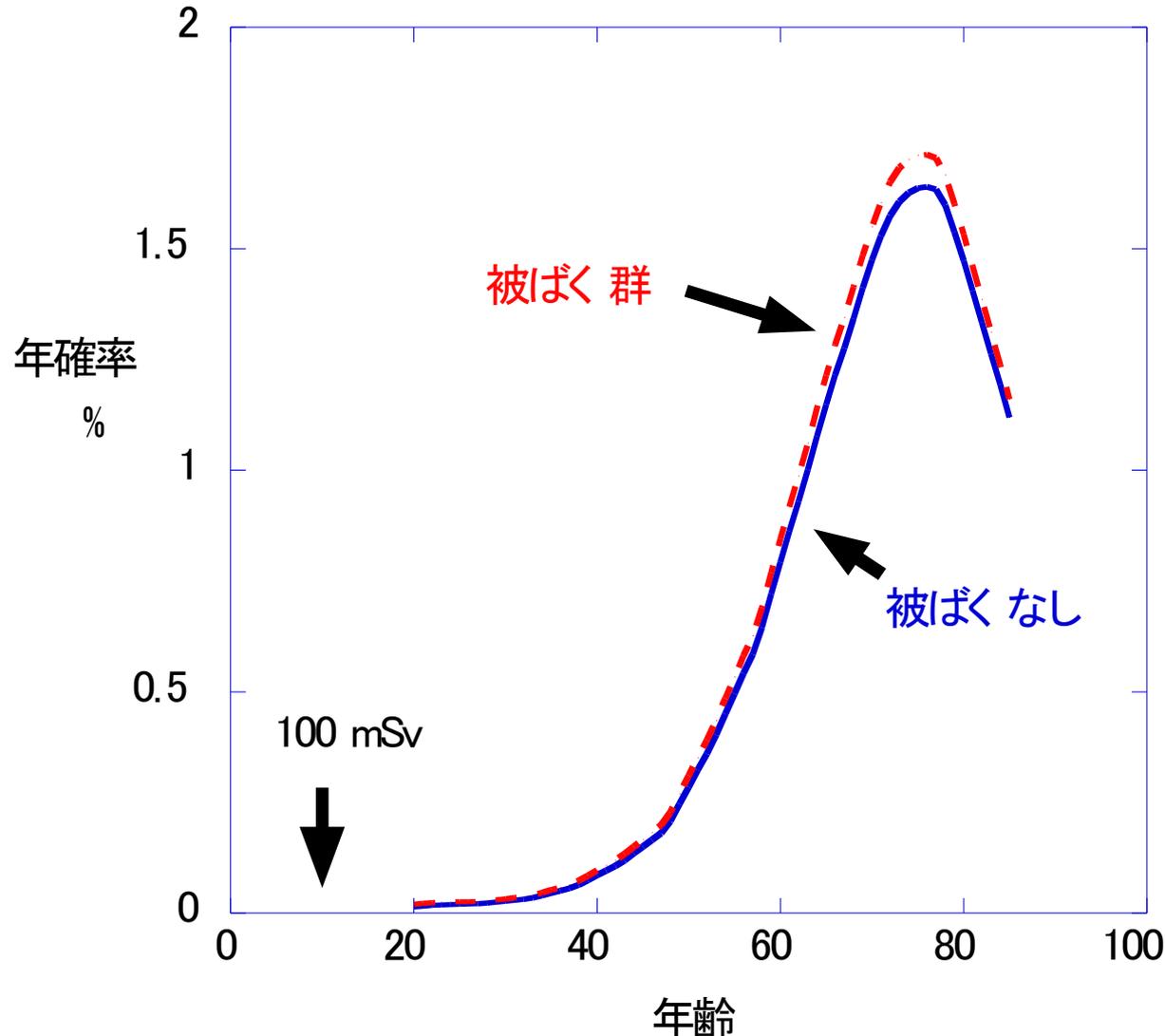
被ばく時年齢	性	過剰の生涯リスク (%)	被ばくがないとき (%)
10	M	2.1	30
	F	2.2	20
30	M	0.9	25
	F	1.1	19
50	M	0.3	20
	F	0.4	16

Preston, et al. Radiat Res 160, 381 (2003)

低線量・低線量率での効果は1/2 (ICRP)

放射線のがんリスクのほとんどは高齢化して生じる

被ばく後のがん発症率の変化



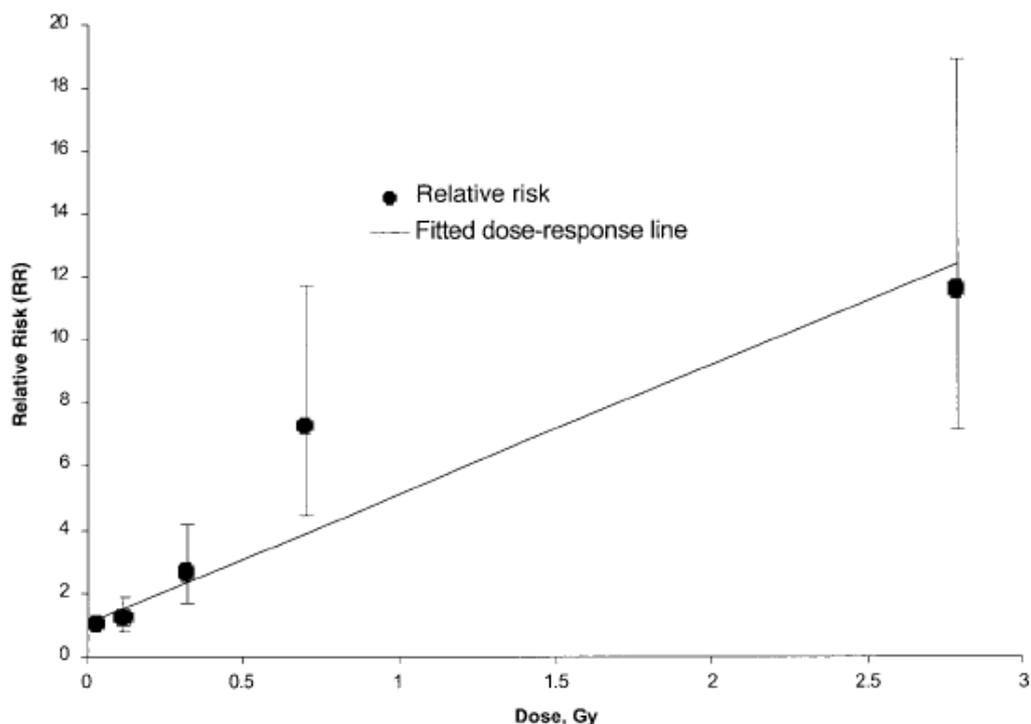
チェルノブイリ事故の影響

甲状腺がんの罹患率が増加

チェルノブイリでは何が起きたか

牧草からの放射性ヨウ素が牛乳を介して子どもが高い被ばく

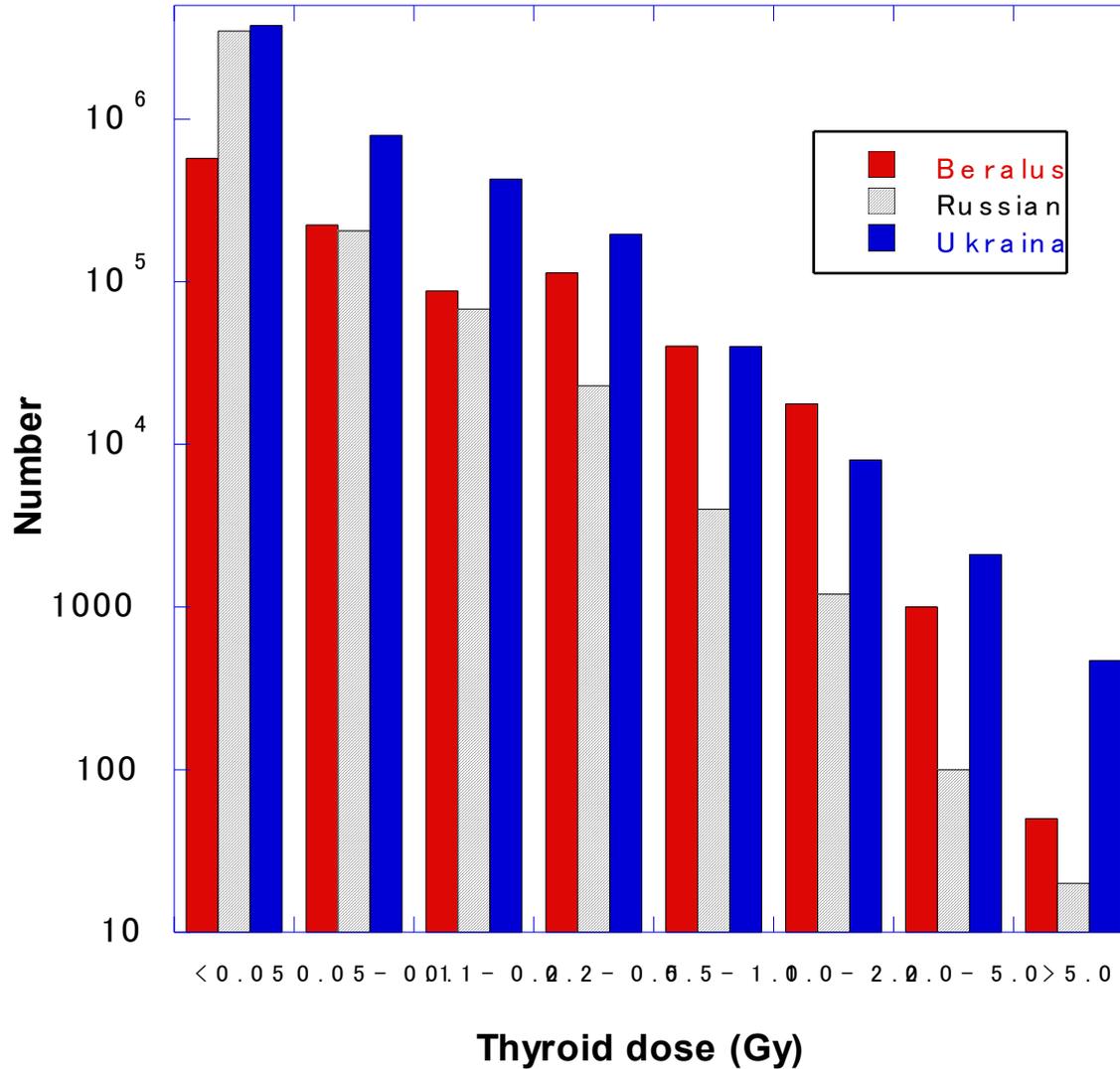
- ・種々の疫学調査で甲状腺がんの増加が確認
- ・線量あたりのリスクは、外部被ばくと有意な違いはない
- ・ヨウ素欠乏がリスクを上昇させている



(Likhтарov, Radiat Res 2006)

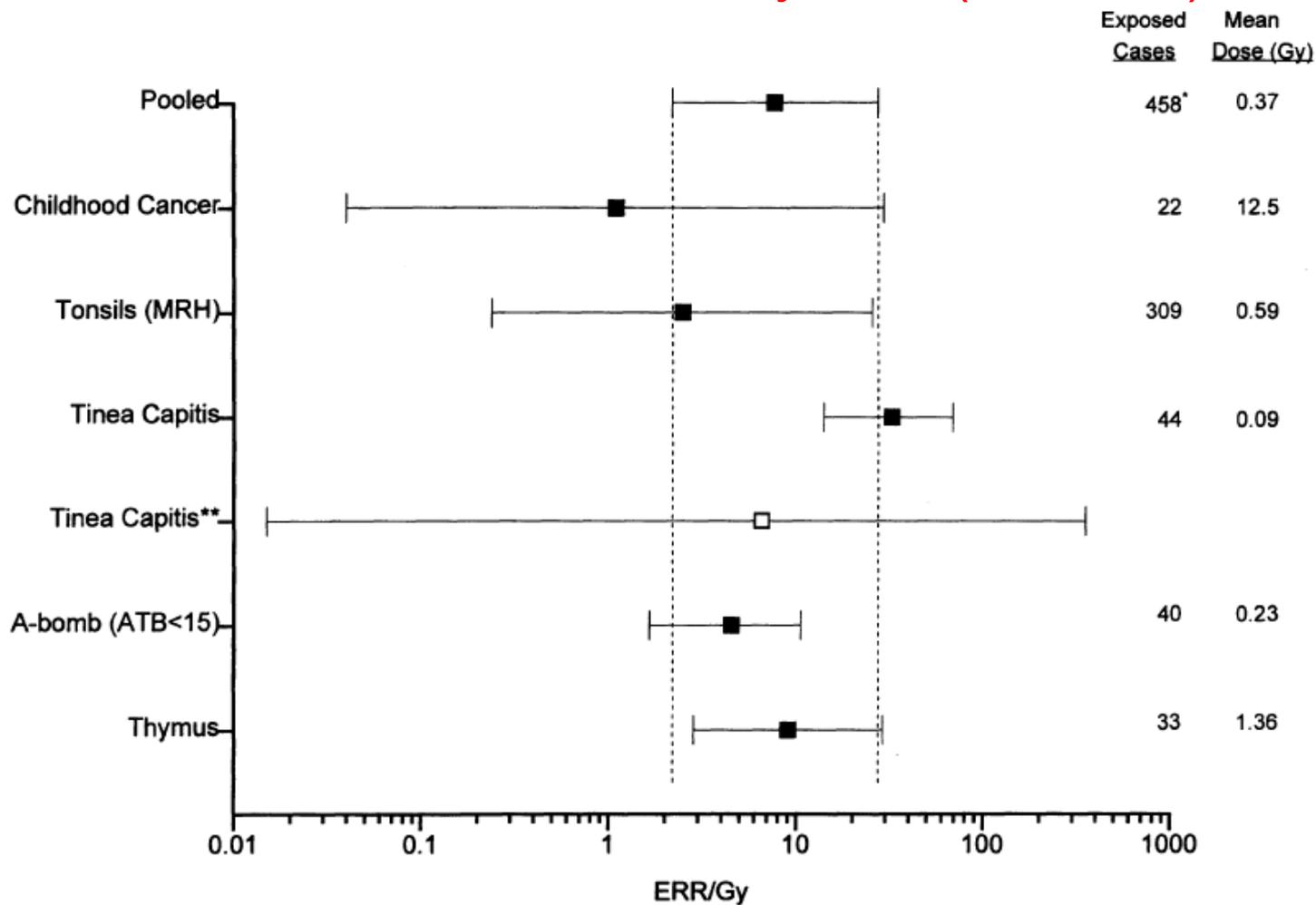
チェルノブイリ事故による甲状腺被ばく線量 (UNSCEAR 2008)

Pre-school children



小児期(15歳未満)のERR比較

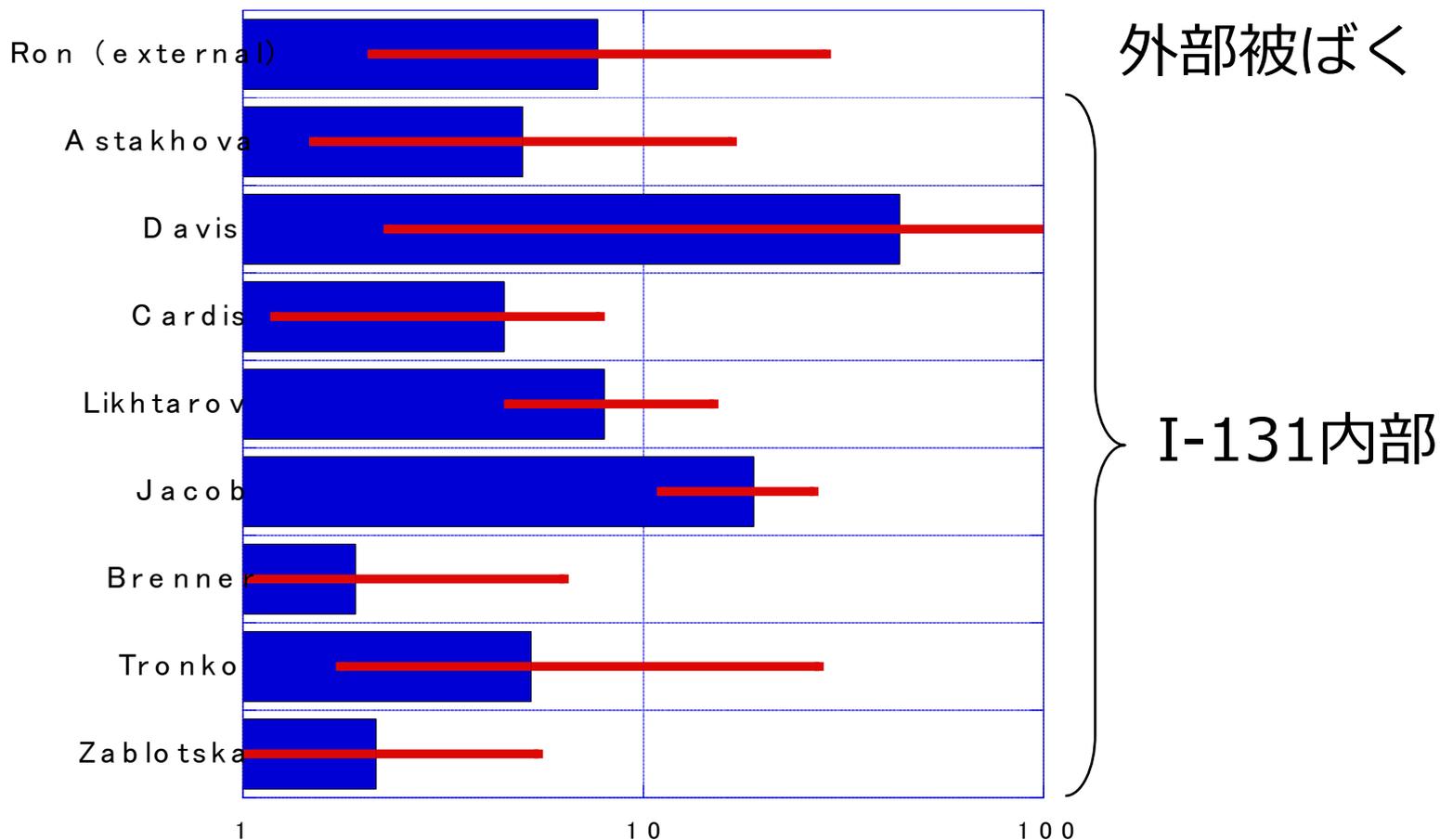
プール解析 -> ERR/Gy= 7.7 (2.1-28.7)



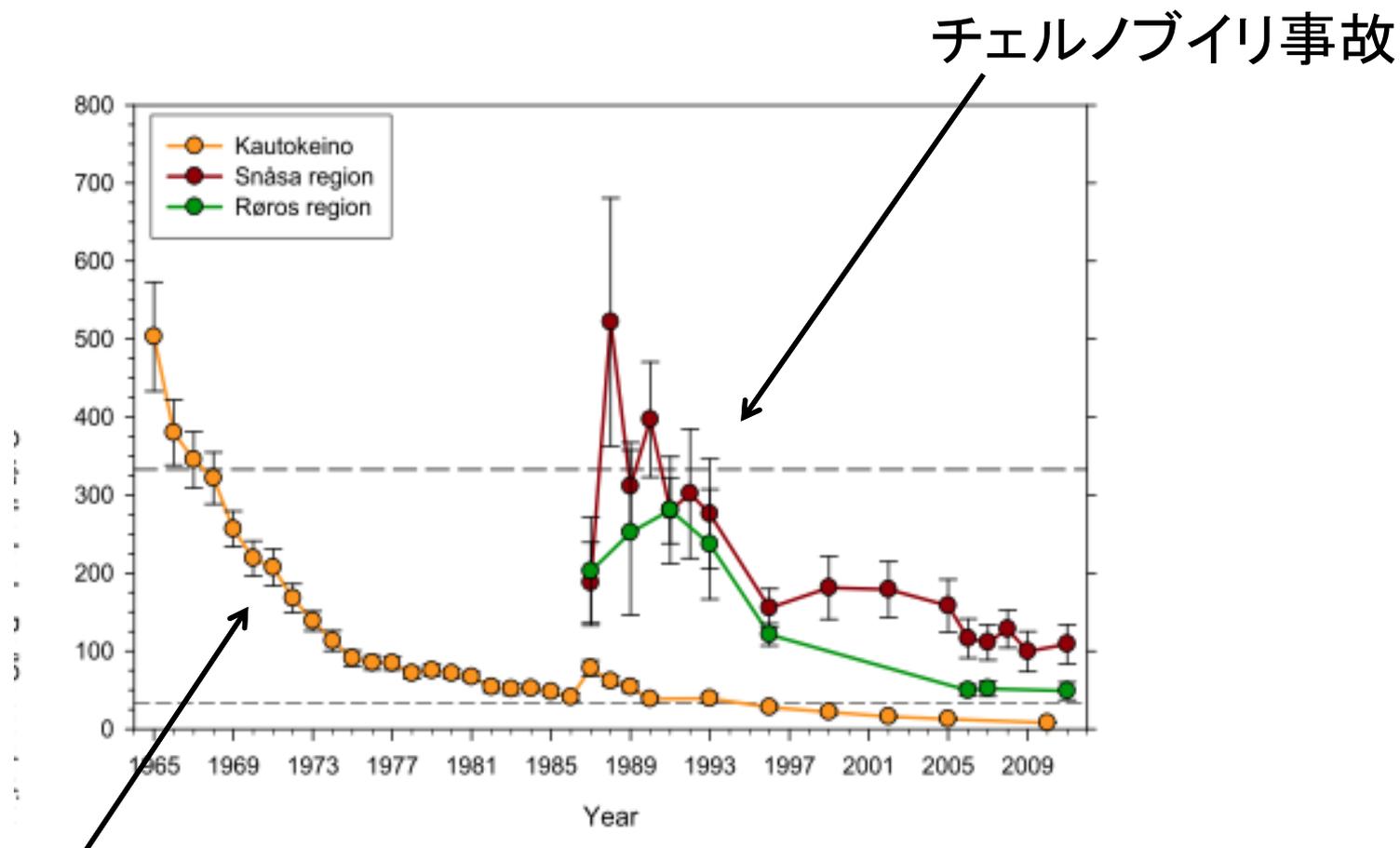
(Ron E, 1995)

外部被ばくと内部被ばくの比較

Thyroid cancer following Chernobyl accident



ノルウェー Cs-137の体内量(Bq/kg)



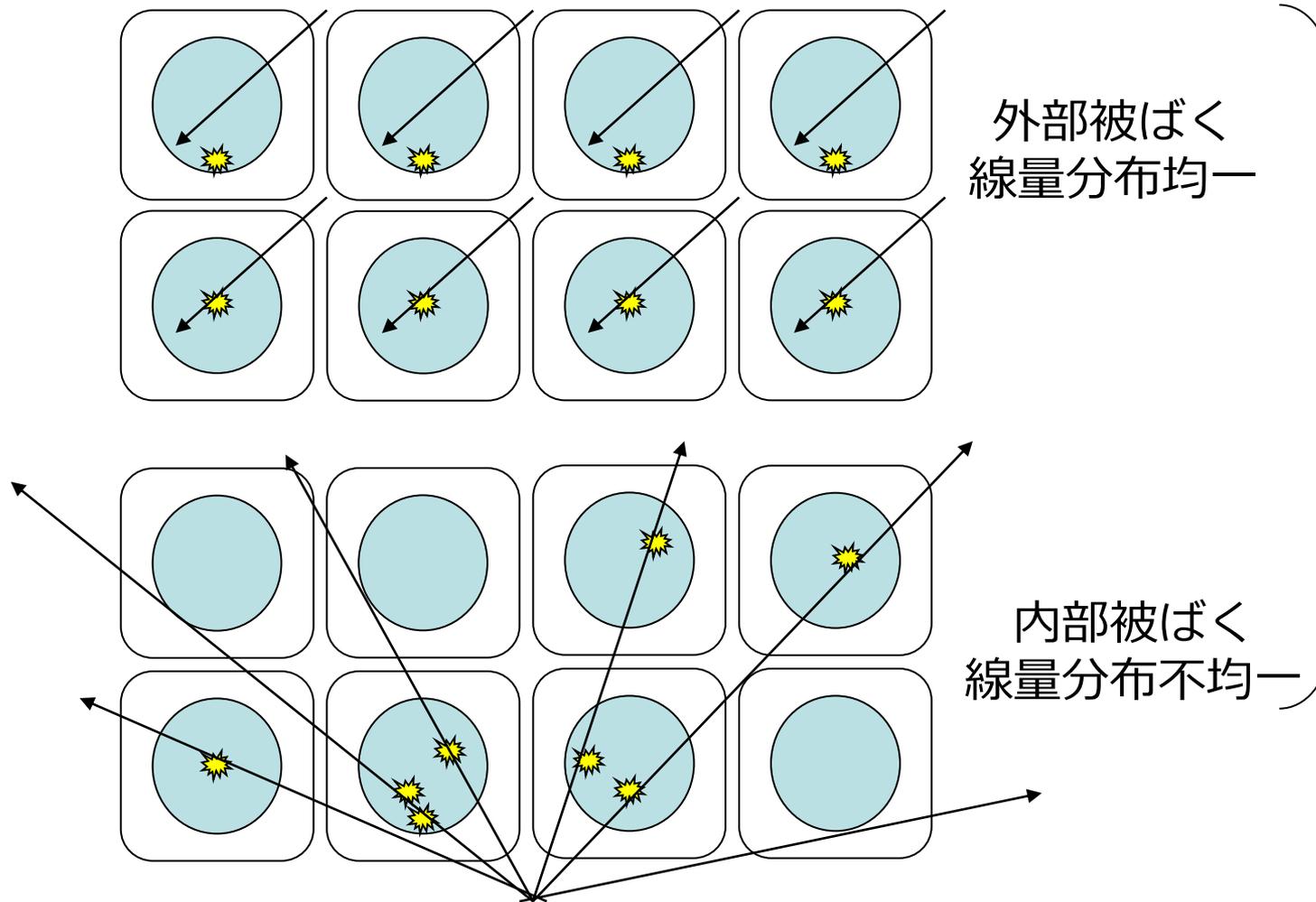
Liland, J Environ Radioact, 2009

内部被ばくのリスク

内部被ばくは外部被ばくと線量が同じ
であればリスクは同じ

内部被ばくのリスクは同じ線量の外部被ばくと同じ

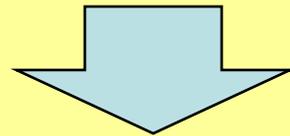
線質と線量が同じ場合



リスク = 損傷の数 × 損傷細胞の数 → リスクも同じ

内部被ばくのリスク

線量が同じであればリスクは同じという原則



線量評価モデルの重視・科学的検証
(呼吸気道モデル、胃腸管モデルなど)

内部被ばくに関する人のデータ

Ra-226 ダイヤルペインター

I-131 甲状腺治療

Sr-90 テチャ川汚染事故

Th-232 トロトラスト患者

I-131 チェルノブイリ事故

ICRPの骨がんのリスクはRa-224の内部被ばくデータが基礎

参考となるレポート: 放射性物質による内部被ばく(ICRPメンバー著)

<http://www.jrias.or.jp/index.cfm/1,14676,3,html>

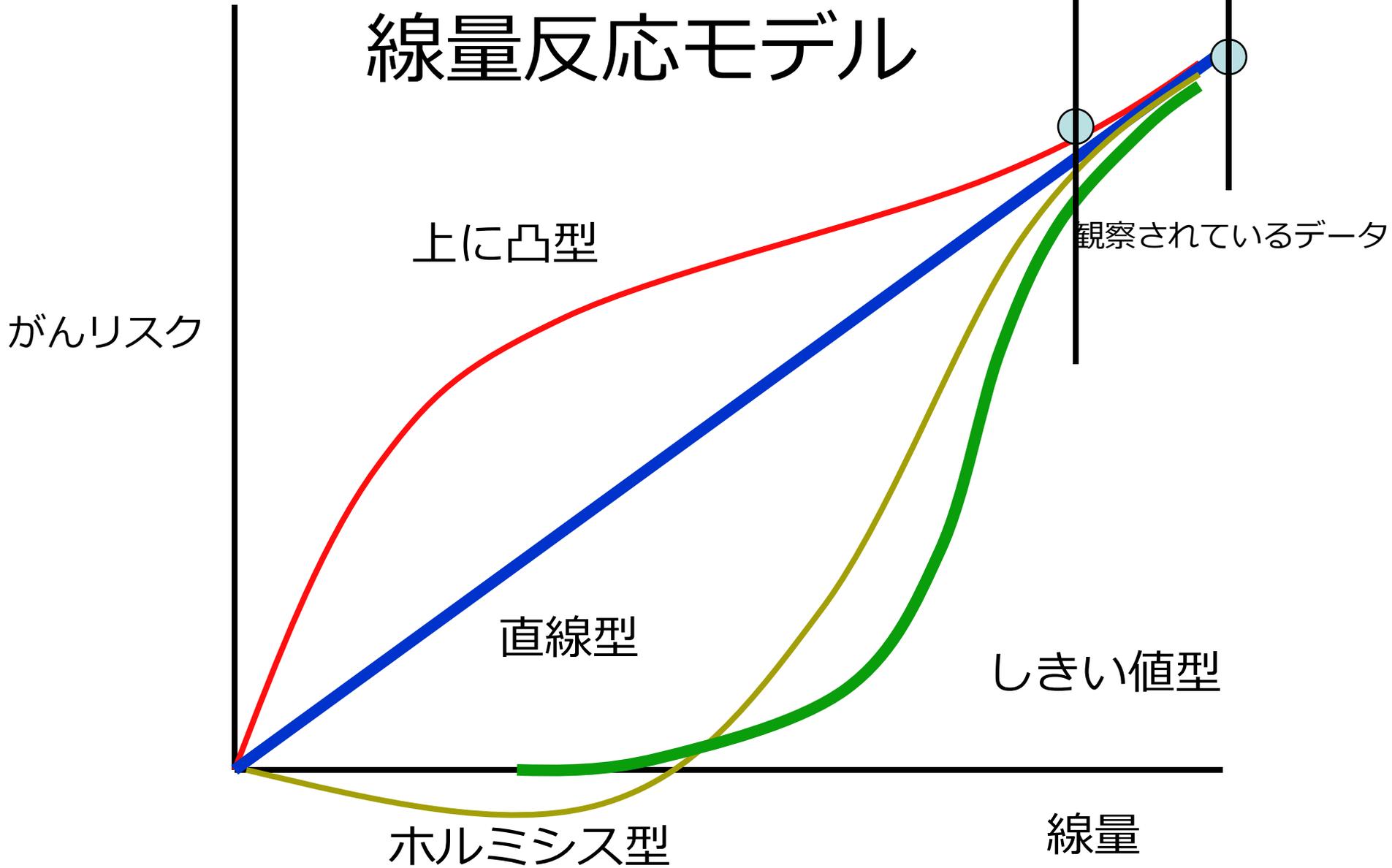
放射線発がんの仕組み

放射線はDNA損傷を誘発するが、この突然変異ががんに直接つながっているという証拠はない

放射線はがん誘発にどんな作用をしているかが低線量リスク推定のポイント

低線量リスクの不確かさ

線量反応モデル



カロリー制限による放射線発がん

C3H/He male mice

実験群	匹数	白血病 匹数	発生率(%)
Control+カロリー一高	165	3	1.8±1.1
3Gy+カロリー一高	163	37	22.7±3.3
Control+カロリー一中	135	0	0
3Gy+カロリー一中	131	14	10.7±2.7 *
Control+カロリー一低	70	0	0
3Gy+カロリー一低	76	6	7.9±3.1 *

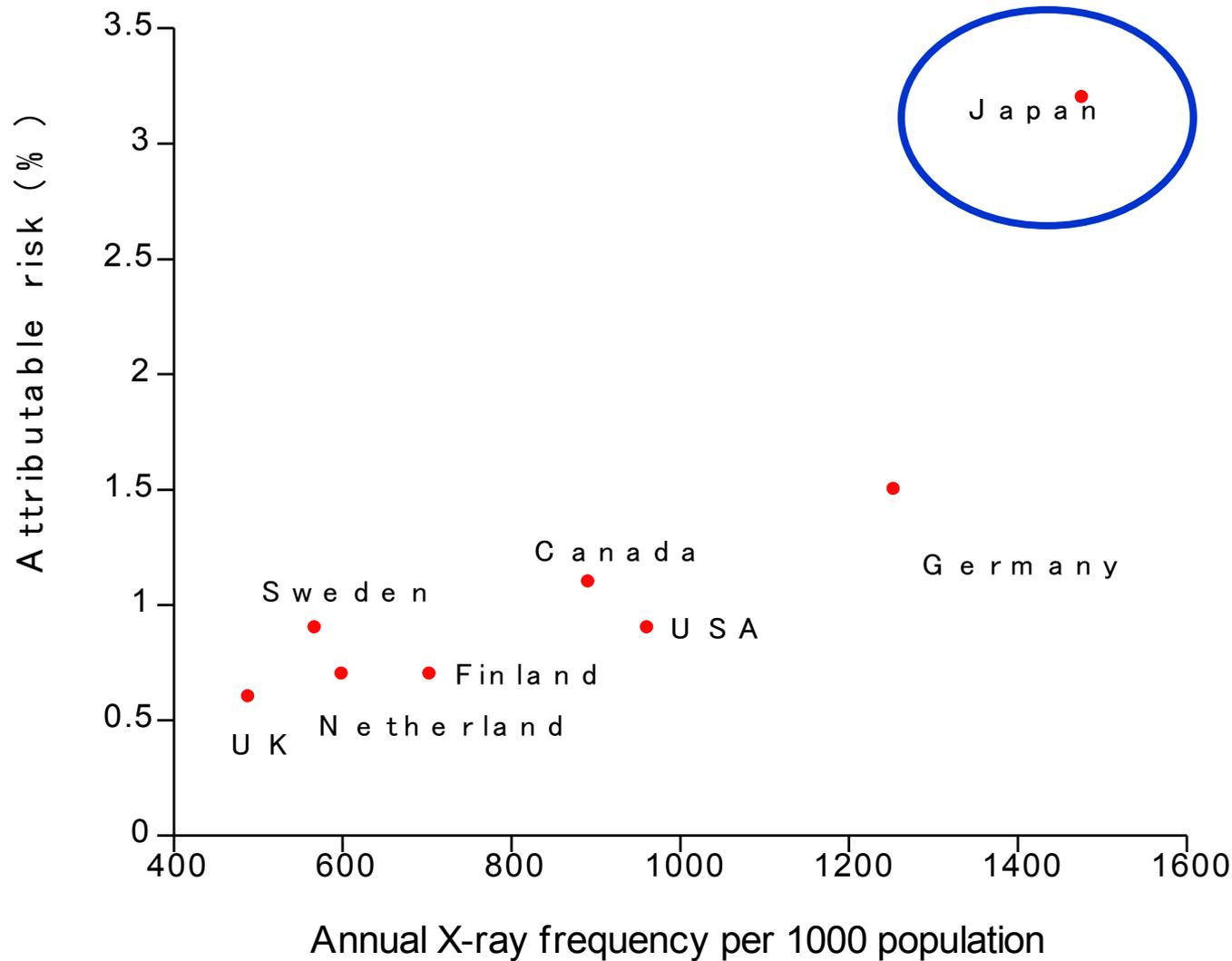
(Yoshida, PNAS 94,2615,1997)

放射線のリスクとは何か

放射線リスクは宝くじ論ではない

リスクコミュニケーションに必要なリスクに関するものさし、情報のコンセンサスが課題

Gonzalez and Darby, Lancet, 363:345-351, 2004



(Lancet, 2004)

リスクと影響の混同

首都圏でがんが増えるか？

住民3500万人が1mSvずつ被曝した場合、1750人のガン死者増加？ (Nominalリスク係数を使用)

$$(35 \times 10^6) \times (5 \times 10^{-5}) = 1750 \text{人}$$

- 1) ICRP, UNSCEARは、死亡数などの予測には不確かさの点から科学的には不適切と指摘
- 2) がんの変動幅に隠れて科学的に検証ができない
- 3) 喫煙やベンゼンなどの他の発ガン物質も同じ論理を適用することが可能であり、意味のない推定
- 4) LNTモデルが予測する小さい確率はリスク比較のみに意味をもつ

リスクの意味を考える

宝くじ論 一→ 頻度

金額(線量)に比例して当たる確率が増加
放射線単独犯行説が前提

一→ 被ばく後、リスク低減不可能

リスクの正体

1) 集団の平均的な特性を表現している

2) 生活習慣などとの複数犯行説

一→ 被ばく後、リスク低減可能

3) 絶対リスクではなく、相対リスク(寄与リスク)で意味をもつ

リスク論 一→ 可能性の程度の確率分布

閾値モデルが正しいとしても、不確かさの下では、
リスクモデルに含まれ、リスクを想定する必要がある

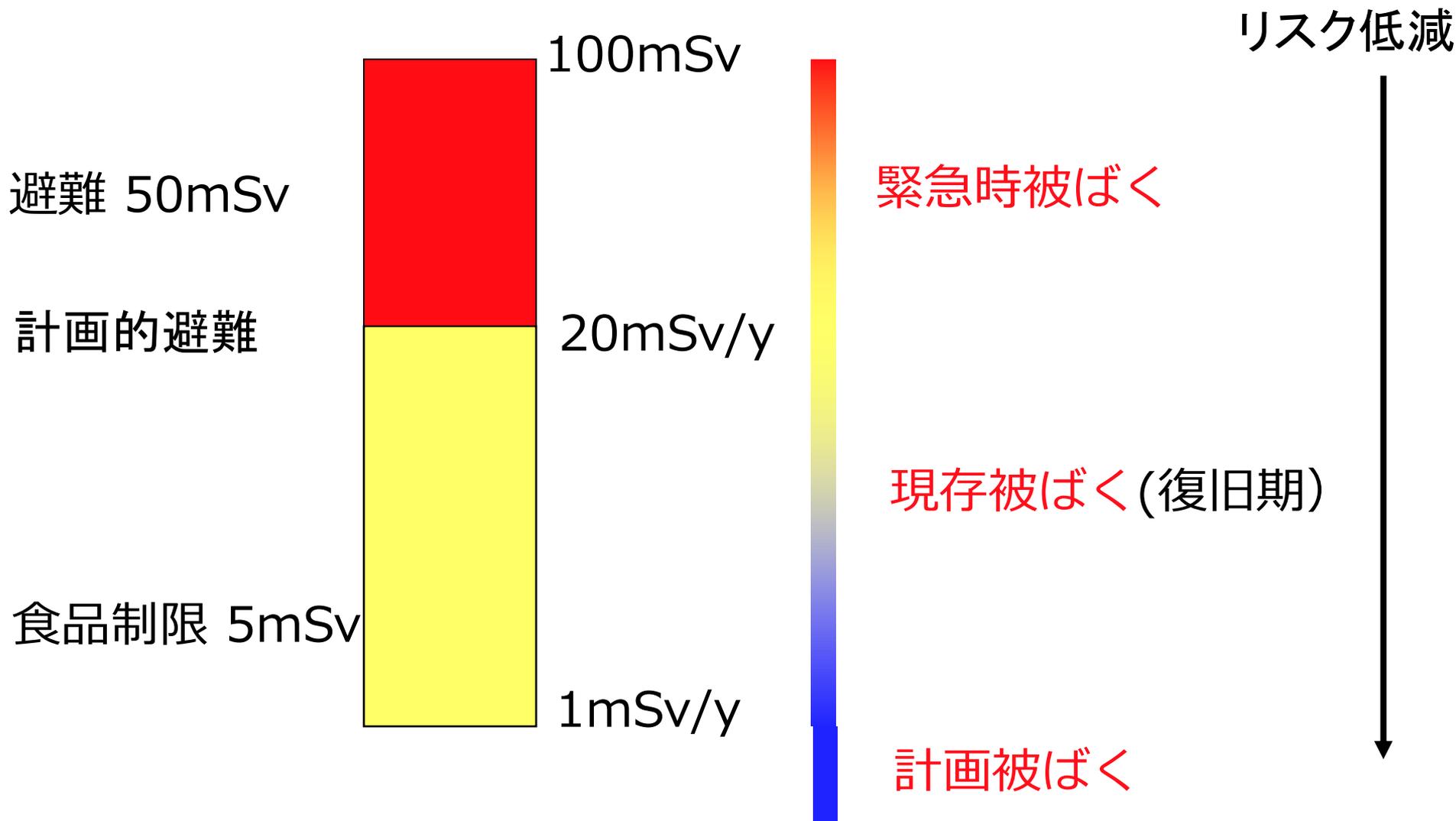
1 mSv/yとは？

Science and Value (Ethics) サイエンスと倫理

リスクのサイエンスは他のリスクの存在を理解
リスクの倫理は、リスクのトレードオフまで考える

ICRPの放射線防護規準(公衆)

被ばくを低減するための目標値でこの規準以下なら更に低減



飲食物摂取制限指標

	I-131 (Bq/kg)				Cs-134 + Cs137 (Bq/kg)				
	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類	その他	飲料水	牛乳・乳製品	野菜類	穀類	肉・卵・魚・その他
日本	300	300	2000	2000	200	200	500	500	500
Codex	100	100	100	100	1000	1000	1000	1000	1000
米国	170	170	170	170	1200	1200	1200	1200	1200
EU	500	500	2000	2000	1000	1000	1250	1250	1250

注) Codex: I-131は、Sr-90, I-129,,Ru-106,U-235を含む

放射性セシウムの食品基準(Bq/kg)

	Japan 暫定	Belarus	Russian Federation	Ukraine
Year of adoption		1999	2001	1997
Infant food	200	37	40-60	40
Milk		100	100	100
Dairy products	500	50-200	100-500	100
Meat and products		180-500	160	200
Fish		150	130	150
Vegetables, fruit		40-100	40-120	40-70
Bread, flour, cereals		40	40-60	20
Expected internal dose, mSv/y		< 1	< 1	< 1

事故後、1mSv/y が目指すのは、健康リスクが
高いからではなく、
倫理的な配慮が主たる理由

規準をより低くする理由：
リスクを指標にして高い信頼性を求める

ICRP Pub.103

ほとんどの現存被ばく状況では、被ばくした個人と当局者が、被ばくを”通常”と考えられるレベルに近いかあるいは同等のレベルまで引き下げを望んでいる